

## WZBOGACANIE MIĘSA KRÓLIKÓW W NIENASYCONE KWASY TŁUSZCZOWE I WITAMINY ORAZ PRZECIWDZIAŁANIE PROCESOM UTLENIANIA

Dorota Kowalska

Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, Dział Ochrony Zasobów Genetycznych Zwierząt,  
32-083 Balice k. Krakowa

*W ostatnich latach rozwój produkcji mięsa króliczego spowodował wzrost zainteresowania nie tylko jego jakością, ale przede wszystkim wartością prozdrowotną. Zawartość prozdrowotnych składników w mięsie króliczym może być zwiększona na drodze żywieniowej w wyniku dodatku do mieszanki paszowej ich źródeł. Materiał doświadczalny stanowiły króliczeta rasy białej nowozelandzkiej (NB), którym do mieszanki paszowej wprowadzono 1% dodatek oleju rybnego oraz różne poziomy witaminy E. Dodatek w mieszance paszowej oleju rybnego miał pozytywny wpływ na profil kwasów tłuszczowych w lipidach mięsa. Zwiększony poziom witaminy E w diecie wpłynął bardzo wyraźnie na jej odkładanie w mięsie, miał również korzystne oddziaływanie na zmniejszenie podatności lipidów mięśnia przed procesami utleniania w trakcie jego zamrażalniczego przechowywania. W prowadzonych badaniach sensorycznych stwierdzono istotne różnice w kruchości mięsa pomiędzy grupą kontrolną a grupami doświadczalnymi. Potwierdzeniem uzyskanych wyników były przeprowadzone dodatkowo badania kruchości w teście siły cięcia.*

W ostatnich latach rozwój produkcji mięsa króliczego spowodował wzrost zainteresowania nie tylko jego jakością, ale przede wszystkim wartością prozdrowotną.

Zawartość prozdrowotnych składników w mięsie króliczym może być zwiększona na drodze żywieniowej w wyniku dodatku do mieszanki paszowej ich źródeł. Obok obniżenia zawartości tłuszczu, który ma dodatni związek z zawartością cholesterolu (lipoprotein) w mięsie, szczególną uwagę zwraca się na poprawę stosunku kwasów nasyconych do nienasyconych, kwasów szeregu PUFA *n-6* do *n-3*, uzupełnienie w witaminy – głównie A i E, niektóre składniki mineralne, ale również przeciwdziałanie procesom utleniania zachodzącym w mięsie podczas przechowywania.

Autooksydacja lipidów mięsa jest procesem złożonym, co wynika z dużej wrażliwości produktów utlenienia na rozkład i wchodzenie w reakcje z innymi składnikami mięsa oraz fotoutleniania zachodzącego równocześnie z autooksydacją (Hęś i Korczak, 2007). W wyniku utlenienia lipidów mięsa powstaje wiele związków, które są odpowiedzialne za powstawanie zjełczałego, niepożądanego zapachu i smaku

nieakceptowanego przez konsumentów (Pokorny, 1990). Według Drozdowskiego (2002), szczególnie niski próg wrażliwości sensorycznej mają nienasycone aldehydy (rzędu ppm, a nawet ppb). Oprócz ewidentnego pogorszenia smaku i zapachu mięsa, utlenianie lipidów ma także niekorzystny wpływ na jego barwę, teksturę, wartość odżywczą, a przede wszystkim bezpieczeństwo żywieniowe (Gray i in., 1996). Zniszczeniu mogą ulec bowiem zawarte w tłuszczach wartościowe składniki, takie jak NNKT (tracą właściwości biologiczne kwasów niezbędnych) i witaminy. Kierunek utleniania lipidów mięsa, a przede wszystkim szybkość tego procesu, zależy od wielu czynników: ilości i rodzaju lipidów oraz zawartości wody, obecności naturalnych prooksydantów i antyoksydantów występujących w mięsie, procesów i operacji technologicznych oraz warunków przechowywania (Kanner, 1994).

Naturalne przeciwutleniacze i synergenty występujące w mięsie zwalniają procesy utleniania lipidów, szczególnie mięsa surowego. W badaniach Pikula (1993) i Yamauchi i in. (1980) wykazano, że w mięśniach zawierających większe ilości tokoferoli procesy utlenienia lipidów zachodzą wolniej. Jednym z możliwych rozwiązań utrzymania dobrej jakości, a także trwałości mięsa jest podawanie w mieszankach paszowych związków witaminowo aktywnych. Organizm zwierzęcy przyswaja aktywne biologicznie formy  $\alpha$ -tokoferolu z paszy i osadza w tkankach, natomiast usuwa stereoisomery SS niewystępujące w przyrodzie lub o małej aktywności. Dzięki temu zjawisku  $\alpha$ -tokoferol odłożony w produktach zwierzęcych, podobnie jak występujący w naturalnych produktach pochodzenia roślinnego jest prawie dwukrotnie bardziej aktywny niż forma syntetyczna.

Celem badań było wykazanie wpływu oleju rybnego (1%) wprowadzonego do mieszanki paszowej wzbogaconej 1% dodatkiem oleju rzepakowego oraz dodatku różnych poziomów octanu  $\alpha$ -tokoferolu na skład kwasów tłuszczowych w lipidach mięśni królików oraz zawartość witaminy E w mięsie.

## Material i metody

Materiał badawczy stanowiły króliki rasy nowozelandzkiej białej (NB), podzielone na trzy grupy, po 20 królicząt w każdej. Zwierzęta od odsadzenia (35. dzień) do 90. dnia życia żywiono *ad libitum* mieszankami paszowymi, zgodnie z przydziałem do grup. Pełnoporcjowa mieszanka granulowana (podstawowa), którą żywione były zwierzęta, zawierała w swoim składzie sasz z lucerny (26%), śrutę jęczmienną (25%), śrutę kukurydzianą (17%), śrutę sojową poekstrakcyjną (8%), makuch rzepakowy (2%), otręby pszenne (16,6%), olej rzepakowy (1%), mleko w proszku (2%), drożdże pastewne (1%), NaCl (0,4%) i mieszankę witaminowo-mineralną (1%). Mieszanka witaminowo-mineralna dla królików zawierała w 1 kg witaminy: A – 1 000 000 j.m., D<sub>3</sub> – 150 000 j.m., E (Dl-Alpha Tokoferol) – 3000 mg, K<sub>3</sub> – 52 mg, B<sub>1</sub> – 50 mg, B<sub>2</sub> – 400 mg, B<sub>3</sub> – 2000 mg, B<sub>5</sub> – 787 mg, B<sub>6</sub> – 50 mg, B<sub>12</sub> – 1500 mcg, biotynę – 10 000 mcg, chlorek choliny – 12 500 mg, kwas foliowy – 57 mg oraz minerały: Fe – 5000 mg, Mn – 7500 mg, Cu – 750 mg, Zn – 5000 mg, I – 100 mg, Co – 100 mg, Se – 20 mg, Ca – 27,8% (producent: Wytwórnia Premiksów LNB Poland Sp. z o. o w Kiszkwie).

Badania w kierunku wprowadzania do dawek żywieniowych dla królików różnych poziomów oleju rzepakowego prowadzone są w Instytucie Zootechniki PIB już od kilku lat. Produkowane na potrzeby naukowe pełnoporcjowe mieszanki granulowane wzbogaca się 1% dodatkiem tego oleju. Wywiera on dodatni wpływ na zawartość kwasu oleinowego ( $C_{18:1}$ ), który zmniejsza ryzyko peroksydacji lipidów w lipoproteinach (LDL i HDL). Badania naukowe wykazały, że kwas oleinowy zapobiega *in vitro* utlenieniu frakcji LDL, obniża stężenie cholesterolu we frakcji LDL, a jednocześnie podwyższa frakcję HDL. Olej rzepakowy użyty w doświadczeniu zawierał  $C_{18:2n-6}$  – 27,6% i  $C_{18:3n-3}$  – 10,2% i pochodził z ZT „Kruszwica” S.A. w Kruszwicy.

W grupach doświadczalnych, do mieszanki podstawowej wprowadzono 1% dodatek oleju rybnego oraz zwiększony o 50% w grupie II (4500 mg/kg) i o 100% w grupie III (6000 mg/kg) dodatek D- $\alpha$ -tokoferolu, odpowiednio bilansując dawki, aby utrzymać na stałym poziomie ilość białka i włókna. Tłuszcz pozostawiono wynikowo. Układ grup był następujący:

Grupa I – 20 królicząt żywionych podstawową pełnoporcjową mieszanką granulowaną,

Grupa II – 20 królicząt żywionych mieszanką wzbogaconą 1% dodatkiem oleju rybnego i zwiększonym o 50% udziałem witaminy E,

Grupa III – 20 królicząt żywionych mieszanką wzbogaconą 1% dodatkiem oleju rybnego i zwiększonym o 100% udziałem witaminy E.

Zastosowany olej rybny był produktem ubocznym, otrzymywanym podczas procesu produkcji mączki rybnej z ryb, takich jak: śledź, szprot, tołpyga, makrela i dorsz, o zawartości  $C_{18:3n-3}$  – 3,9%,  $C_{20:5n-3}$  (EPA) – 8,4%,  $C_{22:6n-3}$  (DHA) – 13,6%,  $C_{22:5n-3}$  (DPA) – 0,9% (firma Agro-fish Sp. z o.o. w Gniewnie).

Warunki zoohigieniczne i technologiczne na fermie były zgodne z ogólnymi założeniami dla tego rodzaju produkcji. Zwierzęta zostały objęte programem profilaktyki weterynaryjnej przewidzianej dla tej grupy zwierząt.

Z wyprodukowanej partii pasz z 7 miejsc zostały pobrane próbki cząstkowe do przeprowadzenia podstawowych analiz chemicznych. Oznaczona została zawartość suchej masy (SOP\* M.011:2006), białka surowego (SOP\* M.007:2006), tłuszczu surowego (SOP\* M.013:2006), włókna surowego (SOP\* M.012:2006) i popiołu surowego (SOP\* M.014:2007) oraz skład kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej – oznaczanie kwasów w postaci estrów na chromatografii gazowej VA-RIAN 3400, z detektorem 250 st.; Range=11, przy użyciu kolumny Rtx 2330 o parametrach 105 m  $\times$  0,32 mm  $\times$  0,2  $\mu$  według Folcha i in. (1957).

W czasie trwania doświadczenia zbierano następujące dane: masa ciała królików w 35., 56., 77. i 90. dniu życia, zużycie paszy na 1 kg przyrostu. Po zakończeniu odchowu doświadczalnego z każdej grupy wybrano losowo po 10 sztuk królicząt z przedziału od 2500 do 2800 g masy ciała. Zwierzęta po dobowym przegłodzeniu ubito w ubojni przyzakładowej. Ubój przeprowadzono zgodnie z metodyką obowiązującą dla tej grupy zwierząt, w jednakowych dla wszystkich grup warunkach technologicznych. Przez cały czas uboju i obróbki poubojowej tuszki miały przymocowane indywidualne znaczniki, umożliwiające identyfikację.

\*Standard Operation Procedure, M – numer procedury w Centralnym Laboratorium IZ PIB.

Bezpośrednio po uboju przeprowadzono analizę rzeźną. Zbierano następujące dane: masę królika po przegłodzeniu, masę części jadalnych (tuszką bez głowy, wątroba, serce, nerki, płuca), odpady (futerko, krew, skoki, przewód pokarmowy), masę głowy oraz straty poubojowe. Wydajność rzeźną obliczono jako stosunek masy tuszki ciepłej z głową do masy zwierzęcia przed ubojem (po przegłodzeniu trwającym 24 godziny) według wzoru:

$$WR (\%) = MT \times 100/MC$$

gdzie:

*WR* – wydajność rzeźna (%),

*MT* – masa tuszki bez podrobów (g),

*MC* – masa ciała przed ubojem (g).

Pozyskane tuszki, po wcześniejszym podzieleniu na trzy części (część przednia – cięcie prowadzone na wysokości ostatniego żebra, comber – cięcie na wysokości ostatniego kręgu lędźwiowego, część tylna – obejmująca nogi wraz z częścią krzyżową) poddano dysekcji według metodyki opisanej przez Bieńka (1997).

Analiza jakościowa mięsa obejmowała następujące grupy cech:

- podstawowy skład chemiczny (zawartość wody, białka, tłuszczu, popiołu),
- wodę wolną,
- mechaniczne cechy tekstury (twardość, sprężystość, kohezja, żujność, powrotna sprężystość – odbojność, siła cięcia),
- analizę sensoryczną.

Cechy chemiczne mięsa króliczego oznaczono na próbkach mięśnia najdłuższego grzbietu (*musculus longissimus dorsi*). Oznaczenia zawartości wody wykonano według PN-ISO 1442:2000, zawartość tłuszczu określono metodą Soxhleta według PN-ISO 1444:2000, oznaczenie zawartości białka metodą Kjeldahla według PN-75/A-04018, natomiast zawartość popiołu całkowitego według PN-ISO 936:2000.

Wodę wolną w ocenianym mięsie oznaczano w próbkach z mięśnia najdłuższego grzbietu (*musculus longissimus dorsi*). Jako wodę wolną określono procentową zawartość wody w mięsie, którą wyciśnięto pod wpływem pięciominutowego ściskania próbki pod obciążeniem 2 kg. Woda wyciskana z mięsa odsączana była przy pomocy dwóch warstw bibuły filtracyjnej. Z różnicy wagi przed i po ściskaniu wyliczono procent masy wody do masy próbki (metoda opisana w pracy Grau i Hamm, 1953).

Analizę mechanicznych cech tekstury przeprowadzono przy użyciu teksturometru Texture Analyser TA-XT2 firmy Sable Micro Systems z przystawką, którą stanowił walec o średnicy 50 mm oraz przystawką do pomiaru siły cięcia Warnera-Bratzlera z trójkątnym wycięciem noża. Wyniki pomiarów uzyskano przy użyciu programu Texture Expert for Windows Version 1,05 firmy Sable Micro Systems.

Ocenę sensoryczną mięsa przeprowadzono na mięśniu najdłuższym grzbietu (*musculus longissimus dorsi*). Mięsień poddano dojrzewaniu w temperaturze 4°C przez okres 3 dni. Próbkę ogrzewano w wodzie (0,6% roztwór NaCl) przy zachowaniu proporcji: jedna część mięśnia na dwie części wody, w stanie łagodnego wrzenia, do osiągnięcia w centrum próbki temperatury 85°C. Przyjęcie gotowania jako metody

przyrządzania mięsa wynikało z zadania stawianego ocenie, która wymagała zwrócenia szczególnej uwagi na zapach próbek w związku z zastosowanym czynnikiem żywieniowym. Metoda obróbki cieplnej najbardziej odtwarzała intensywność i typowość zapachu mięsa króliczego.

Przeprowadzona w takich warunkach obróbka cieplna nie budziła zastrzeżeń oceniających ze względu na „niedogotowanie” próbek. Mięso po obróbce termicznej studzono pod przykryciem do temperatury pokojowej, a następnie krojono w plastry i podawano do oceny. Ocena sensoryczną przeprowadził 6-osobowy zespół o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej.

Badania sensoryczne obejmowały ocenę zapachu, soczystości, kruchości i smakowitości mięsa w skali 5-punktowej oraz wskaźnik sensorycznej jakości całkowitej (Tilgner, 1957).

Przygotowując mięso do oceny sensorycznej zbadano:

– wyciek naturalny, tj. wyciek soków mięsnych w czasie 3-dniowego przechowywania mięśni (*musculus longissimus dorsi*) w woreczkach z folii polietanowej w warunkach chłodniczych (4°C), według wzoru:

$$\text{Wyciek naturalny (\%)} = (\text{ciężar próbki po uboju} - \text{ciężar próbki po schłodzeniu}) \times 100 / \text{ciężar próbki po uboju};$$

– ubytki cieplne, tj. straty soków mięsnych według wzoru:

$$\text{Ubytek cieplny (\%)} = (\text{ciężar próbki przed gotowaniem} - \text{ciężar próbki po gotowaniu}) \times 100 / \text{ciężar próbki przed gotowaniem}.$$

Po dysekcji, do dalszych badań pobrano mięśnie tylnej nogi króliczej (*musculus gluteus medius*), oznaczając poziom:

- wyższych kwasów tłuszczowych w lipidach mięsa,
- TBA-RS w mięsie mrożonym po 14 i 30 dniach przechowywania w chłodni,
- witaminy E.

Oznaczenie składu wyższych kwasów tłuszczowych w lipidach mięsa wykonano metodą chromatografii gazowej, oznaczając kwasy w postaci estrów metylowych na chromatografii gazowej VARIAN 3400 z detektorem 250 st., Range=1 l, przy użyciu kolumny Rtx 2330 o parametrach 105 m × 0,32 mm × 0,2 μ.

Miernikiem, przy użyciu którego określano stopień oksydacji tłuszczu w mięsie, był wskaźnik TBA-RS – mg aldehydu malonowego w 1 kg mięsa (P 025 wersja 1 z 25.05.2001). TBA-RS oznaczano w mięsie mrożonym (mięśnie tylnej nogi) po 14 i 30 dniach przechowywania w chłodni (temperatura –20°C).

Witaminę E oznaczano metodą HPLC Merck-Hitachi na kolumnie LiChro-CARTTM 250-4 Superspher™ 100 RP-18 (4 mikrony).

Uzyskane wyniki doświadczenia opracowano statystycznie w układzie jednoczynnikowym przy użyciu analizy wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy średnimi w grupach szacowano stosując wielokrotny test rozstępu Duncana. Obliczenia wykonano pakietem statystycznym Statistica 7.0 PL.

## Wyniki

W tabeli 1 przedstawiono wyniki analizy podstawowej pełnoporcjowych mieszanek granulowanych dla wszystkich grup. Dodatek oleju rybnego spowodował wzrost tłuszczu surowego z 3,12 w grupie I do 4,11–4,23 w grupach doświadczalnych.

Tabela 1. Wyniki analizy podstawowej pełnoporcjowych mieszanek granulowanych (%)  
Table 1. Results of basic analysis of complete pelleted feeds (%)

Grupa Group	Sucha masa Dry matter	Popiół surowy Crude ash	Subst. organ. Organic matter	Białko ogólne Crude protein	Tłuszcz surowy Crude fat	Włókno surowe Crude fibre	Bezazotowe wyciągowe N-free extractives
I	87,80	5,47	82,33	16,31	3,12	12,0	56,37
II	87,65	5,31	82,34	16,30	4,23	12,1	55,02
III	88,70	5,30	83,4	16,30	4,11	11,91	56,38

Tabela 2. Skład kwasów tłuszczowych w próbkach granulowanych mieszanek paszowych (% sumy kwasów)

Table 2. Composition of fatty acids in samples of pelleted feed mixtures (% total acids)

Kwas Acid	Grupa Group		
	I	II	III
C <sub>14:0</sub>	0,112	0,527	0,764
C <sub>16:0</sub>	10,874	11,549	12,193
C <sub>16:1</sub>	0,230	0,757	0,975
C <sub>18:0</sub>	1,662	2,006	1,921
C <sub>18:1</sub>	38,134	32,512	33,789
C <sub>18:2n-6</sub>	39,812	36,513	37,229
Gamma C <sub>18:3n-6</sub>	0,000	0,009	0,010
C <sub>20:0</sub>	0,576	0,442	0,577
C <sub>18:3n-3</sub>	7,598	9,142	9,040
CLA <sub>c9t11</sub>	0,046	0,070	0,118
CLA <sub>t10c12</sub>	0,129	0,085	0,098
CLA <sub>c9c11</sub>	0,000	0,000	0,000
CLA <sub>t9t11</sub>	0,033	0,024	0,035
C <sub>22:0</sub>	0,389	0,319	0,432
C <sub>20:4n-6</sub>	0,000	0,000	0,000
C <sub>22:1</sub>	0,370	0,316	0,398
C <sub>20:5n-3</sub> (EPA)	0,035	0,669	0,914
C <sub>22:6n-3</sub> (DHA)	0,000	1,060	1,507
SFA	13,614	14,843	15,887
UFA	86,386	81,157	84,113
MUFA	38,734	31,585	35,162
PUFA	47,652	47,572	48,952
PUFA <sub>n-6</sub>	39,812	36,522	37,239
PUFA <sub>n-3</sub>	7,633	10,871	11,461
PUFA/SFA	3,500	3,205	3,081
PUFA <sub>n-6/n-3</sub>	5,216	3,359	3,249
CLA	0,207	0,179	0,251

Tabela 2 zawiera wyniki oznaczeń profilu wyższych kwasów tłuszczowych w próbkach granulowanych mieszanek paszowych. Zastosowany olej rybny spowodował wzrost ilości kwasów szeregu *n*-3: linolenowego – C<sub>18:3 $\omega$ 3</sub>, eikozapentaenowego (EPA) – C<sub>20:5</sub> i dokozaheksaenowego (DHA) – C<sub>22:6</sub>.

W tabeli 3 przedstawiono masę ciała królików w wieku 35, 56, 77 i 90 dni życia, przyrostyienne oraz zużycie paszy za cały okres odchowu. Króliki z grup II i III uzyskały najwyższe masy ciała w 90. dniu życia. Przyrostyienne dla wszystkich badanych grup były najwyższe w pierwszym okresie odchowu, tj. pomiędzy 35. a 56. dniem życia. We wszystkich badanych okresach stwierdzono wysoko istotne różnice pomiędzy grupą kontrolną a doświadczalnymi. Zużycie paszy na 1 kg przyrostu masy ciała za cały okres odchowu było zróżnicowane, pomiędzy grupą kontrolną a III stwierdzono istotność na poziomie  $P \leq 0,05$ .

Tabela 3. Masa ciała królików w wieku 35, 56, 77 i 90 dni, przyrostyienne za okres 35–56, 35–77 i 35–90 dni życia, zużycie paszy na 1 kg przyrostu

Table 3. Body weight of rabbits at the age of 35, 56, 77 and 90 days, daily gains on days 35–56, 35–77 and 35–90 of age, and feed conversion (kg) per kg gain

Wyszczególnienie Item	Grupa Group			Se
	I	II	III	
Masa ciała w: Body weight on:				
35. dniu życia (g) day 35 (g)	801,0	796,4	810,6	10,7
56. dniu życia (g) day 56 (g)	1592,2 A	1732,3 B	1798,6 B	35,7
77. dniu życia (g) day 77 (g)	2101,1 A	2299,1 B	2316,3 B	30,7
90. dniu życia (g) day 90 (g)	2440,5 A	2632,1B	2685,5 B	21,7
Przyrost dzienny za okres (dni): Daily gain (days):				
35–56 (g)	37,6 A	44,6 Ba	47,04 Bb	0,6
35–77 (g)	30,1 A	35,8 B	35,8 B	0,5
35–90 (g)	29,8A	33,4 B	34,1 B	0,4
Zużycie paszy Feed consumption	3,7 a	3,8	3,9 b	0,1

A, B – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się wysoko istotnie ( $P \leq 0,01$ ).

a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ( $0,01 < P \leq 0,05$ ).

A, B – values in rows with different letters differ highly significantly ( $P \leq 0,01$ ).

a, b – values in rows with different letters differ significantly ( $0,01 < P \leq 0,05$ ).

Masa ciała zwierząt ubijanych w 90. dniu życia była wysoko istotnie wyższa w grupach doświadczalnych (tab. 4). Przeprowadzona analiza rzeźna wykazała różnice ( $P \leq 0,01$ ) pomiędzy grupą kontrolną a II w masie tuszki bez głowy, wielkości wątroby

i masie części jadalnych. Pomędzy grupami I a III stwierdzono wysoko istotne różnice w masie wątroby i głowy oraz istotne w masie serca, nerek i płuc, części jadalnych i krwi. Różnice wystąpiły również pomiędzy grupami doświadczalnymi: wysoko istotne w masie wątroby, przewodu pokarmowego i strat ubojowych, a istotne w masie serca, nerek i płuc. Wydajność rzeźna była najwyższa w grupie II ( $P \leq 0,05$ ).

Tabela 4. Analiza rzeźna (g)  
Table 4. Slaughter analysis (g)

Wyszczególnienie Item	Grupa Group			Se
	I	II	III	
Masa ciała królika Rabbit's body weight	2502,5 A	2614,0 B	2655,8 B	97,2
Masa tuszki bez głowy Carcass weight without head	1219,2 Aa	1330,0 B	1260,8 b	43,4
Wątroba Liver	65,0 A	52,0 B	88,3 C	5,3
Serce, nerki, płuca Heart, kidneys, lungs	45,0	54,0 a	43,3 b	3,0
Ogółem części jadalne Total edible parts	1329,0 Aa	1436,0 B	1391,6 b	44,1
Skóra Skin	430,8	447,0	449,2	30,7
Krew Blood	43,3a	36,0 b	37,5 b	8,7
Skoki Legs	75,8	80,0	75,0	4,3
Przewód pokarmowy Digestive tract	450,8	438,0 A	499,2 B	26,1
Ogółem odpady Total waste	1000,7	1001,0	1060,9	60,7
Głowa Head	160,0 A	168,0	185,0 B	6,3
Straty ubojowe Slaughter losses	12,8	9,0 A	18,3 B	0,1
Wydajność rzeźna (%) Dressing percentage	55,1 a	57,3 b	54,3	4,6

A, B, C – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się wysoko istotnie ( $P \leq 0,01$ ).

a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ( $0,01 < P \leq 0,05$ ).

A, B, C – values in rows with different letters differ highly significantly ( $P \leq 0,01$ ).

a, b – values in rows with different letters differ significantly ( $0,01 < P \leq 0,05$ ).

Wyniki przeprowadzonych dysekcji (tab. 5) wykazały, że tuszki królików grupy I były najbardziej otłuszczone. W grupie II uzyskano najwyższą masę mięśni w tuszce, różnice pomiędzy grupami I a II zostały potwierdzone statystycznie na poziomie  $P \leq 0,01$ , a pomiędzy II a III na poziomie  $P \leq 0,05$ .



Tabela 5. Cechy umięśnienia i otłuszczenia tuszki króliczej z rozdziałem na skład tkankowy części przedniej, combra i części tylnej  
 Table 5. Muscling and fatness traits of rabbit carcasses as divided into tissue composition of front part, saddle and hind part

Wyszczególnienie Item	Grupa Group			Se
	I	II	III	
Masa tuszki schłodzonej (g) Weight of cold carcass (g)	1190,0 A	1294,0 B	1243,0 B	39,4
Skład tkankowy części przedniej (g): Tissue composition of front part (g):	423,3 a	437,0	446,7 b	18,7
masa mięśni weight of muscles	291,6 a	306,0 b	303,3	15,5
masa kości weight of bones	108,3	106,0	106,7	5,8
masa tłuszczu weight of fat	25,0	23,3	26,7	3,7
Skład tkankowy combra (g): Tissue composition of saddle (g):	341,7 a	384,0 b	346,7 a	14,4
masa mięśni weight of muscles	291,7 a	306,0 a	266,7 b	13,1
masa kości weight of bones	45,0 a	58,0 b	56,7 b	4,8
masa tłuszczu weight of fat	20,0 A	5,0 B	5,3 B	2,2
Skład tkankowy części tylnej (g): Tissue composition of hind part (g):	425,0 A	473,0 B	450,0 B	18,1
masa mięśni weight of muscles	345,0 A	384,0 B	371,7 B	13,0
masa kości weight of bones	71,7 a	87,0 b	73,3	5,8
masa tłuszczu weight of fat	2,0 A	8,3 B	6,0 A	1,3
Masa mięśni w tuszce (g) Weight of muscles in carcass (g)	928,3 A	996,0 Ba	941,7 b	30,3
Masa kości w tuszce (g) Weight of bones in carcass (g)	225,0 a	251,0 b	236,7	13,9
Masa tłuszczu w tuszce (g) Weight of fat in carcass (g)	47,0 A	36,7 B	38,0 B	5,8

A, B – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się wysoko istotnie ( $P \leq 0,01$ ).

a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ( $0,01 < P \leq 0,05$ ).

A, B – values in rows with different letters differ highly significantly ( $P \leq 0.01$ ).

a, b – values in rows with different letters differ significantly ( $0.01 < P \leq 0.05$ ).

Wprowadzenie do mieszanki paszowej 1% oleju rybnego zmieniło istotnie zawartość niektórych kwasów tłuszczowych w lipidach mięsa króliczego w porównaniu z grupą kontrolną (tab. 6). Spośród kwasów szeregu *n-6* obserwowano wysoko istotny wzrost kwasu linolowego ( $C_{18:2,n-6}$ ) i Gamma  $C_{18:3,n-6}$ . Wysoko istotnemu obniżeniu uległa ilość kwasu arachidonowego ( $C_{20:4,n-6}$ ). Spośród kwasów szeregu *n-3* wysoko istotnie wzrosła ilość kwasu linolenowego ( $C_{18:3,n-3}$ ), EPA ( $C_{20:5,n-3}$ ) i DHA ( $C_{22:6,n-3}$ ).

Za istotne z punktu widzenia dietyki człowieka można uznać zmiany polegające na obniżeniu ilości kwasów nasyconych (SFA) w mięsie królików z grup doświadczalnych i zwiększeniu sumy kwasów wielonienasyconych PUFA<sub>n-3</sub> oraz zawężenie proporcji kwasów PUFA<sub>n-6/n-3</sub>.

Tabela 6. Skład kwasów tłuszczowych w mięsie (% sumy kwasów)  
Table 6. Composition of fatty acids in meat (% total acids)

Kwas Acid	Grupa I Group I	Grupa II Group II	Grupa III Group III	Se
C <sub>12:0</sub>	0,247 A	0,095 Ba	0,146 Cb	0,03
C <sub>14:0</sub>	3,385 A	2,517 B	3,199 AC	0,12
C <sub>16:0</sub>	28,11 A	17,654 B	19,231 B	0,91
C <sub>16:1</sub>	4,163 A	3,366 B	4,156 A	0,22
C <sub>18:0</sub>	6,916 A	4,449 B	4,321 B	0,14
C <sub>18:1</sub>	29,223 A	17,085 B	16,956 B	0,62
C <sub>18:2n-6</sub>	22,160 A	38,762 B	34,210 B	1,16
Gamma C <sub>18:3n-6</sub>	0,077 A	0,146 B	0,146 B	0,01
C <sub>20:0</sub>	0,079	0,066	0,057	0,01
C <sub>18:3n-3</sub>	2,727 A	5,477 B	3,852 C	0,89
CLA <sub>c9t11</sub>	0,041 a	0,063 b	0,057	0,01
CLA <sub>t10c12</sub>	0,274 A	0,094 B	0,085 B	0,01
CLA <sub>c9c11</sub>	0,239 A	0,000 B	0,000 B	0,00
CLA <sub>t9t11</sub>	0,002 A	1,299 B	1,321 B	0,07
C <sub>22:0</sub>	0,414 A	0,000 B	0,000 B	0,02
C <sub>20:4n-6</sub>	1,780 A	0,945 B	0,885 B	0,09
C <sub>22:1</sub>	0,064 A	0,022 B	0,065 A	0,02
C <sub>20:5n-3</sub> (EPA)	0,058 A	1,520 B	1,701 B	0,10
C <sub>22:6n-3</sub> (DHA)	0,055 A	3,825 B	4,326 C	0,43
SFA	39,108 A	24,902 B	27,116 B	1,11
UFA	60,891 A	75,097 B	67,760 C	1,10
MUFA	33,452 A	20,474 B	21,177 B	0,71
PUFA	27,439 A	52,133 B	41,268 C	1,70
PUFA <sub>n-6</sub>	24,017 A	39,853 B	35,241 B	1,14
PUFA <sub>n-3</sub>	2,863 A	10,822 B	9,879 B	0,96
PUFA/SFA	0,704 A	2,093 B	1,521 B	0,11
PUFA <sub>n-6/n-3</sub>	8,507 A	3,682 B	3,567 B	0,74
CLA	0,558 A	1,457 B	1,467 B	0,07

A, B, C – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się wysoko istotnie ( $P \leq 0,01$ ).

a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ( $0,01 < P \leq 0,05$ ).

A, B, C – values in rows with different letters differ highly significantly ( $P \leq 0,01$ ).

a, b – values in rows with different letters differ significantly ( $0,01 < P \leq 0,05$ ).

Analizując wpływ udziału PUFA w mięsie króliczym na jego podatność na utlenianie (tab. 7), odnotowano różnice w TBA-RS<sub>14</sub> ( $P \leq 0,01$ ) pomiędzy grupą kontrolną a pozostałymi oraz pomiędzy samymi grupami doświadczalnymi. Podobna tendencja utrzymywała się dla TBA-RS<sub>30</sub>. Dodatek witaminy E do paszy miał wysoko istotny wpływ na jej zawartość w mięsie króliczym. Pomiędzy grupami obserwowano różnice na poziomie  $P \leq 0,01$ .

Tabela 7. Poziom witaminy E (mcg/g) i TBA-RS w mięsie  
Table 7. Level of vitamin E (mcg/g) and TBA-RS in meat

Wyszczególnienie Item	Grupa Group			Se
	I	II	III	
Witamina E Vitamin E	1,39 A	2,55 B	3,76 C	0,10
TBA-RS <sub>14*</sub>	0,53A	0,33 B	0,18 C	0,01
TBA-RS <sub>30**</sub>	0,88 A	0,51 B	0,32 C	0,02

A, B, C – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się wysoko istotnie ( $P \leq 0,01$ ).

\*po 14 dniach przechowywania.

\*\*po 30 dniach przechowywania.

A, B, C – values in rows with different letters differ highly significantly ( $P \leq 0.01$ ).

\* after 14 days of storage.

\*\* after 30 days of storage.

Tabela 8. Wyróżniki jakości mięsa królików  
Table 8. Characteristics of rabbit meat quality

Cecha Trait	Grupa Group			se
	I	II	III	
Sucha masa (%) Dry matter (%)	27,44	27,22	26,95	0,04
Białko (%) Protein (%)	25,43	25,42	25,51	0,04
Woda (%) Water (%)	73,81	74,12	74,52	0,68
Tłuszcz (%) Fat (%)	0,82 a	0,66 b	0,62 b	0,02
Popiół (%) Ash (%)	1,10	1,27	1,11	0,04
Woda wolna (%) Free water (%)	8,22 A	9,92 B	10,52 BC	0,07
Kolagen ogólny (%) Total collagen (%)	2,51	2,61	2,51	0,01
Twardość (kg/cm <sup>2</sup> ) Hardness (kg/cm <sup>2</sup> )	2,09	2,39	2,01	0,13
Sprężystość Springiness	0,56	0,61	0,56	0,01
Kohezja Cohesiveness	0,47	0,48	0,48	0,01
Żujność (kg/cm <sup>2</sup> ) Chewiness (kg/cm <sup>2</sup> )	0,57 a	0,71 b	0,66	0,04
Odbojność Resilience	0,23	0,23	0,25	0,01
Siła cięcia (N/cm <sup>2</sup> ) Shear force (N/cm <sup>2</sup> )	41,11 a	39,22 b	39,81 b	0,49
Energia cięcia (kg/s) Shear energy (kg/s)	18,70 a	17,60	16,95 b	0,10

A, B, C – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się wysoko istotnie ( $P \leq 0,01$ ).

a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ( $0,01 < P \leq 0,05$ ).

A, B, C – values in rows with different letters differ highly significantly ( $P \leq 0.01$ ).

a, b – values in rows with different letters differ significantly ( $0.01 < P \leq 0.05$ ).

Udowodniono statystycznie wysoko istotne różnice w zakresie niektórych parametrów podstawowego składu chemicznego mięsa mięśnia najdłuższego grzbietu (*musculus longissimus dorsi*). Różna była zawartość tłuszczu ( $P \leq 0,05$ ) i wody wolnej ( $P \leq 0,01$ ) (tab. 8). Cechą najbardziej wyrównaną była zawartość białka w mięsie (różnice do 0,35 jednostki procentowej).

Spośród ocenianych cech tekstury mięsa, statystycznie istotne różnice stwierdzono w żuźności ( $P \leq 0,05$ ) pomiędzy grupą I a II, sile cięcia ( $P \leq 0,05$ ) pomiędzy grupą I a II i III i energii cięcia ( $P \leq 0,05$ ) pomiędzy grupą I a III.

Wyciek naturalny soków mięsnych oraz ubytek ciepłny były najwyższe w grupie I (tab. 9).

Tabela 9. Ocena sensoryczna mięsa – wyciek naturalny soków mięsnych w czasie 3-dniowego przechowywania i ubytek ciepłny

Table 9. Sensory evaluation of meat – natural juice loss during 3-day storage and heat loss

Wyszczególnienie Item	Grupa – Group			Se
	I	II	III	
Wyciek naturalny (%) Drip loss (%)	0,76 A	0,56 B	0,38 C	0,01
Ubytek ciepłny (%) Heat loss (%)	31,20 a	28,44 b	28,56 b	0,01

A, B, C – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się wysoko istotnie ( $P \leq 0,01$ .)

a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ( $0,01 < P \leq 0,05$ ).

A, B, C – values in rows with different letters differ highly significantly ( $P \leq 0,01$ ).

a, b – values in rows with different letters differ significantly ( $0,01 < P \leq 0,05$ ).

Istotnym kryterium oceny sensorycznej mięsa jest jego kruchość i soczystość (tab. 10). W prowadzonych badaniach stwierdzono istotne różnice ( $P \leq 0,05$ ) w kruchości i soczystości mięsa pomiędzy grupą kontrolną a doświadczalnymi. Wskaźnik sensorycznej jakości całkowitej przyjmował najwyższą wartość dla grupy III.

Tabela 10. Cechy sensoryczne mięsa (pkt)

Table 10. Sensory attributes of meat (pts)

Cecha Trait	Grupa – Group			se
	I	II	III	
Natężenie zapachu Aroma intensity	4,6 a	4,7	4,8 b	0,07
Jakość zapachu Aroma quality	4,6	4,7	4,7	0,09
Kruchość Tenderness	4,2 a	4,6 b	4,8 b	0,05
Soczystość Juiciness	4,1 a	4,4 b	4,6 b	0,05
Intensywność smakowitości Taste intensity	4,3	4,4	4,4	0,08
Jakość smakowitości Taste quality	4,7	4,6	4,6	0,06
Wskaźnik sensorycznej jakości całkowitej Overall sensory quality	4,41 a	4,56	4,65 b	0,07

a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ( $0,01 < P \leq 0,05$ ).

a, b – values in rows with different letters differ significantly ( $0,01 < P \leq 0,05$ ).

## Omówienie wyników

Spełniając oczekiwania współczesnego konsumenta, zarówno tuszkę jak i mięso królicze powinna charakteryzować niska zawartość tłuszczu. Stąd, wprowadzenie na rynek tuszek króliczych, dobrze umięśnionych i z małą ilością tłuszczu jest stymulatorem popytu i indukuje wzrost obrotu tym artykułem rynkowym. Ograniczenie spożycia tłuszczu w diecie, oczywiście obok spożycia nadmiaru węglowodanów, jest istotnym czynnikiem żywieniowym, zapobiegającym nadmiernemu odkładaniu tłuszczu w organizmie człowieka. Otyłości przypisuje się wiele chorób cywilizacyjnych, w szczególności naczyniowo-sercowych. Pierwsza ocena, jakiej poddawana jest tuszka królicza, to ocena wzrokowa, stąd dla producentów ważne jest, aby produkowane tuszki miały niską zawartość tzw. tłuszczu narządowego (okołonerkowy, łopatkowy). Tłuszcz ten jest jednak łatwy do usunięcia, natomiast dla konsumenta istotna powinna być zawartość tłuszczu wewnątrzmięśniowego.

Przy wyrównanej masie ciała zwierząt w 35. dniu życia, w ostatnim okresie odchowu (90 dni) stwierdzono wysoko istotne różnice pomiędzy grupą I a II i III. Cechy umięśnienia i otluszczenia tuszki króliczej wykazały, że dodatek oleju rybnego miał wysoko istotny wpływ na otluszczenie tuszek. Jak podaje Jamroz (2004), na redukcję tkanki tłuszczowej i hamowanie proliferencji komórek tłuszczowych w adipocytach mogą mieć wpływ izomery CLA, szczególnie  $C_{12:2}c9t11$ , których ilość znacznie wzrosła w grupach doświadczalnych. Tak więc, na kształtowanie się omawianej cechy miała wpływ dawka pokarmowa z udziałem oleju rybnego.

Zależnie od stopnia otluszczenia mięsa, ilość spożywanego przez konsumentów tłuszczu może dochodzić do 60–65% ogólnej ilości, w tym około 70% stanowią nasycone kwasy tłuszczowe niesprzyjające zdrowiu człowieka (Jamroz, 2004). Działanie prozdrowotne przypisuje się wzrostowi udziału niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT) w diecie człowieka.

NNKT stanowią substancję wyjściową do syntezy hormonów tkankowych, tzw. eikozanoidów o właściwościach przeciwmiażdżycowych i przeciwnowotworowych. Stanowią również niezbędny składnik fosfolipidów tkanki nerwowej. Najlepszym źródłem NNKT są oleje roślinne i zwierzęce, stąd w badaniach do stosowanego już w żywieniu królików dodatku oleju rzepakowego wprowadzono 1% dodatek oleju rybnego.

Wprowadzony do mieszanki paszowej dodatek oleju rybnego, w porównaniu z grupą kontrolną, zmienił istotnie zawartość niektórych kwasów tłuszczowych w lipidach mięsa. Zmiany te, z punktu widzenia diety człowieka, można uznać za korzystne. Przy tym poziomie tłuszcz rybny powodował wysoko istotny wzrost zawartości kwasu linolenowego ( $C_{18:3,n-3}$ ), EPA ( $C_{20:5,n-3}$ ), i DHA ( $C_{22:6,n-3}$ ) oraz korzystne zawężenie stosunku NNKT  $n-6:n-3$ .

Barlow i Pike (1991) oceniają, że dzienne zapotrzebowanie organizmu człowieka na PUFA<sub>*n-3*</sub> wynosi około 3000 mg, z czego na kwasy długołańcuchowe (EPA, DPA, DHA) – 1000 mg. W Polsce, podobnie jak w większości krajów europejskich, typowa dieta jest niedoborowa w te kwasy, a ich spożycie jest kilkakrotnie za niskie. Stosunek PUFA<sub>*n-6*</sub> do PUFA<sub>*n-3*</sub> w pożywieniu współczesnego człowieka także nie jest prawidłowy, gdyż wynosi około 10–20:1, a powinien być nie szerszy niż 5–6:1. Nadmierna

konsumpcja kwasów  $n-6$  zaburza metabolizm kwasów  $n-3$  i fizjologiczną równowagę związków, które są syntetyzowane z tych kwasów (Newton, 1996). Związane jest to z faktem, że wytwarzanie w komórkach wątroby pochodnych kwasów linolowego i linolenowego odbywa się oddzielnie w ramach obu rodzin kwasów, przy udziale tych samych układów enzymatycznych: desaturaz i elongaz. Stąd też, nadmiar kwasu linolowego prowadzi do większej koncentracji kwasu arachidonowego ( $AA_{n-6}$ ), przy równoczesnym zahamowaniu syntezy kwasów EPA i DHA. Odpowiednia ilość kwasów z rodziny  $n-3$  w codziennym pożywieniu zapobiega nadmiernemu wytwarzaniu w organizmie produktów pochodnych kwasu AA (Karłowicz-Bodalska i Bodalski, 2007).

Zdaniem Okuyamy (2001), główną przyczyną chorób układu krążenia u ludzi jest zbyt wysoki stosunek kwasów  $PUFA_{n-6}$  do  $PUFA_{n-3}$ , zwłaszcza tych o długim łańcuchu – 20 do 22 atomów węgla. Jelińska (2005), na podstawie wielu badań epidemiologicznych i eksperymentalnych wykazała, że obecne w żywności wielonienasycone kwasy tłuszczowe mogą modyfikować ryzyko wystąpienia nowotworów. Właściwość ta jest wiązana właśnie z relacjami w diecie NNKT z rodziny  $n-6$  i  $n-3$ . Kwasom należącym do rodziny  $n-3$  przypisuje się w tych badaniach działanie ochronne, stąd też, obniżenie stosunku  $PUFA_{n-6}$  do  $PUFA_{n-3}$  z 8,51 w grupie kontrolnej do 3,68 i 3,56 w grupach doświadczalnych stawia pozyskane mięso w grupie mięs zalecanych do spożycia, o walorach prozdrowotnych.

Autooksydacja lipidów mięsa powoduje jęlczenie, niepożądany zapach i smak, który nie jest akceptowany przez konsumentów. Dodatek witaminy E do paszy miał wysoko istotny wpływ nie tylko na jej zawartość w mięsie, ale również na zmniejszenie podatności lipidów mięśnia przed procesami utleniania w trakcie jego zamrażalniczego przechowywania. 1% dodatek oleju rybnego zwiększał zawartość  $PUFA_{n-3}$  w mięsie, a dodatek witaminy E w obydwu grupach doświadczalnych zmniejszał ich podatność na utlenianie. Uzyskane mięso może być naturalnym źródłem witaminy E dla konsumenta w potrawach pieczonych i gotowanych, gdyż witamina ta jest odporna na ogrzewanie.

Interakcja wody i struktur białkowych komórki mięśniowej jest odpowiedzialna za właściwości fizyczne, organoleptyczne i technologiczne, w tym za bardzo pożądaną cechę jakościową mięsa i jego przetworów, jaką jest kruchość (Dolatowski i in., 2004). W wielu badaniach obserwuje się, że kruchość dodatnio koreluje z uwodnieniem i zdolnością chłonięcia wody przez substancje białkowe mięśnia (Pospiech i in., 2003, O'Halloran i in., 1997).

Zawartość wody w mięsie królików wszystkich grup była wyrównana (73,81%–74,52%) i zbliżona do podawanej przez Pla i in. (2004) – 73,81%. Wyniki oznaczenia wody wolnej dla mięsa królików grupy kontrolnej były znacznie niższe (8,22%) niż dla grup doświadczalnych (9,92%–10,52%). Większą zdolność wiązania wody wolnej mięsa królików kalifornijskich oznaczyli Cavani i in. (2000) – 17,65%, a zbliżoną dla mięsa grupy kontrolnej (NB) – Zajac i in. (1995) – 8,78%. Mniejsza zdolność do wiązania wody wolnej przez mięso świadczy o mniejszej przydatności przetwórczej mięsa oraz gorszej jakości uzyskiwanego produktu mięsnego. Przy wyższych zawartościach wody wolnej obserwuje się gorszą wodochłonność mięsa.

Zawartość białka w mięsie była wyrównana i nieco wyższa od podawanej przez Cavani i in. (2000), Maj i in. (2008) oraz Szkucika i Libelta (2006) w mięsie królików ras czystych i ich mieszańców. Z technologicznego punktu widzenia białka mięśniowe mają dwie istotne właściwości: zdolność wiązania wody i zdolność emulgowania tłuszczu. Szczególne znaczenie w kształtowaniu właściwości technologicznych i funkcjonalnych mięsa mają białka miofibryle, głównie miozyna i aktyna. Przemiany tych białek zachodzące po uboju podczas *rigor mortis* decydują o kruchości i soczystości mięsa, zwłaszcza kulinarnego.

Zawartość tłuszczu w próbkach mięśnia najdłuższego grzbietu (*musculus longissimus dorsi*) u królików grup doświadczalnych była niska i wynosiła od 0,62% do 0,66%, w grupie kontrolnej – 0,82%. Szkucik i Libelt (2006) podają zawartość tłuszczu dla królików rasy NB na poziomie 1,12%, a Maj i in. (2008) – 1,60%. Na odkładanie tłuszczu przez organizm ma wpływ stopień nasycenia zawartych w pokarmie kwasów tłuszczowych. Tłuszcze o niskim stopniu nasycenia mogą wpływać na mniejsze otluszczenie. Przyczyną niskiego otluszczenia może być także stymulujący wpływ kwasów wielonienasyconych na enzymy powodujące rozkład kwasów tłuszczowych w wyniku  $\beta$ -oksydacji (Hanczakowski, 2003). Jak podaje Jamroz (2004), zmniejszenie zawartości tłuszczu w mięsie można uzyskać między innymi przez stosowanie podwyższonych poziomów lipotropowo działających składników, takich jak witamina E, Se, biotyny, witamina B6, metionina i in. Mniejsze otluszczenie tuszek grupy II i III można przypisać lipotropowemu działaniu zwiększonej ilości witaminy E.

Wyróżnikami wpływającymi na jakość mięsa są wskaźniki tekstury, takie jak: twardość, sprężystość, kohezja i żuźność. Ogólnie, tekstura mięsa zależy od wielu różnych czynników, zarówno biologicznych: rasy, wieku, struktury włókien mięśniowych, zawartości wody i tłuszczu w mięsie, jak i środowiskowych: odżywiania, stresu poubojowego, warunków schładzania i dojrzewania mięsa. Statystycznie potwierdzone różnice pomiędzy grupą kontrolną a doświadczalnymi stwierdzono w żuźności, sile cięcia i energii cięcia. Najniższą siłą niezbędną do przecięcia mięsa charakteryzowało się mięso królików grupy II. Cossu i in., (2004) i Dal Bosco i in., (1997) wykazały niższe wartości siły cięcia omawianego mięśnia, kształtujące się na poziomie od 21 przez 33 do 35,1 N/cm<sup>2</sup>. Tak znaczne różnice wynikają zapewne z różnego sposobu dokonywania pomiaru, gdyż w tym przypadku istotne jest, czy cięcie wykonane było wzdłuż czy w poprzek włókien mięśniowych. W prowadzonym badaniu nie stwierdzono negatywnego wpływu oleju rybnego na cechy fizyczne i chemiczne mięsa oraz jego teksturę.

Wyciek naturalny w stosunku do masy wyjściowej wahał się w granicach 0,38–0,76% próby. Ubytek cieplny po obróbce termicznej był najniższy w grupach otrzymujących dodatek oleju rybnego, co wskazuje na lepszą zdolność utrzymywania wody po ogrzaniu.

Istotnym kryterium oceny sensorycznej mięsa jest kruchość. Do podstawowych czynników kształtujących kruchość określaną sensorycznie lub w sposób mechaniczny wymienia się przede wszystkim właściwości włókien mięśniowych oraz ilość i jakość tkanki łącznej. Przy określaniu roli tkanki łącznej w kształtowaniu kruchości mięsa główne znaczenie przypisuje się kolagenowi. Tłuszcz decyduje o cechach ja-

kościowych mięsa, głównie: soczystości, kruchości i smakowitości. W prowadzonych badaniach stwierdzono istotne różnice w kruchości mięsa pomiędzy grupą kontrolną a grupami doświadczalnymi.

Wrażenia sensoryczne (analiza sensoryczna) w istotny sposób wpływają na akceptację lub odrzucenie produktów mięsnych. Wskaźnik sensorycznej jakości całkowitej był najwyższy dla mięsa grupy III, co wskazuje na brak wpływu 1% dodatku oleju rybnego na cechy sensoryczne mięsa.

Podsumowując uzyskane wyniki należy stwierdzić, że 1% dodatek w mieszance paszowej oleju rybnego miał pozytywny wpływ na profil kwasów tłuszczowych w lipidach mięsa. Zwiększony poziom witaminy E w diecie wpłynął bardzo wyraźnie na jej odkładanie w mięsie. Ma to duże znaczenie dla konsumentów, gdyż w celu właściwego przyswajania wielonienasyconych kwasów tłuszczowych ich spożyciu powinna towarzyszyć witamina E, jako naturalny przeciwutleniacz. Zwiększony dodatek tej witaminy miał również korzystne oddziaływanie na zmniejszenie podatności lipidów mięśnia przed procesami utleniania w trakcie jego zamrażalniczego przechowywania. W prowadzonych badaniach sensorycznych stwierdzono istotne różnice w kruchości mięsa pomiędzy grupą kontrolną a grupami doświadczalnymi. Potwierdzeniem uzyskanych wyników były przeprowadzone dodatkowo badania kruchości w teście siły cięcia.

#### Piśmiennictwo

- Barlow S., Pike I.H. (1991). Humans and animals benefit from omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Feedstuffs*, 63: 18–26.
- Bieniek J. (1997). Wpływ czynników genetycznych i środowiskowych na użytkowość mięsną królików w warunkach chowu tradycyjnego. *Zesz. Nauk. AR Kraków, Rozpr. nr 233*.
- Cavani C., Bianchi M., Lazzaroni C., Luzi F., Minelli G., Petracci M. (2000). Influence of type of rearing, slaughtering age and sex on fattening rabbit: II. Meat quality. *Proc. 7th World Rabbit Congress, Valencia (Spain)*, pp. 1–32.
- Cossu M.E., Cumini M.L., Lazzari G. (2004). Effect of corn processing and level of inclusion on growth of meat rabbits. *Proc. 8th World Rabbit Congress, Mexico*, pp. 785–791.
- Dal Bosco A., Castellini C., Bernardini M. (1997). Effect of transportation and running method on some characteristics of rabbit carcasses and meat. *World Rabbit Sci.*, 5: 115–119.
- Dolatowski Z.J., Twarda J., Dudek M. (2004). Zmiany uwodnieniowe mięsa podczas dojrzewania. *Annales UMCS Lublin, sec. E*, 59, (4): 1595–1606.
- Drozdowski B. (2002). Lipidy. W: *Chemia żywności*, Z.E. Sikorski (red.), WNT, Warszawa, 171–228.
- Folch J., Lees M., Stanley G.H.S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, s. 497.
- Grau R., Hamm R. (1953). Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. *Naturwissenschaften*, 40, s. 29.
- Gray J.I., Goma E.A., Bucklez D.J. (1996). Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Sci.*, 43: 111–123.
- Hanczakowski P. (2003). Fizjologiczne działanie kwasów tłuszczowych. *Wiad. Zoot.*, XLI, 3–4: 3–6.
- Hęś M., Korczak J. (2007). Wpływ różnych czynników na szybkość utleniania się lipidów mięsa. *Nauka Przyroda Technologie, Nauki o Żywności i Żywieniu*, 1, 1: 1–11.
- Jamroz D. (2004). Możliwość sterowania jakością produktów żywnościowych pochodzenia zwierzęcego poprzez żywienie zwierząt. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Zootechnika*, LII, 505: 99–105.



- Jelińska M. (2005). Kwasy tłuszczowe – czynniki modyfikujące procesy nowotworowe. *Biul. Wydz. Farm. AMW*, 1: 1–13.
- Kanner J. (1994). Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Meat Sci.*, 36: 169–189.
- Karłowicz-Bodańska K., Bodański T. (2007). Nienasycone kwasy tłuszczowe, ich właściwości biologiczne i znaczenie w lecznictwie. *Borgis – Postępy Fitoterapii*, 1: 46–56.
- Maj D., Bieniek J., Łapa P. (2008). Jakość mięsa królików rasy białej nowozelandzkiej i kalifornijskiej oraz ich mieszańców. *Med. Wet.*, 64 (3): 351–353.
- Newton J.S. (1996). Long chain fatty acids in health and nutrition. *J. Food Lipids.*, 31 (3), 233–249.
- O'Halloran G.R., Troy D.J., Buckley D.J. (1997). The relationship between early post mortem pH and the tenderization of beef muscles. *Meat Sci.*, 45: 239–251.
- Okuyama H. (2001). High *n-6* to *n-3* ratio of dietary fatty acids rather than serum cholesterol as a major risk factor for coronary heart disease. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 103: 418–422.
- Pikul J. (1993). Chemiczna ocena jakości lipidów mięsa drobiu. W: *Ocena technologiczna surowców i produktów przemysłu drobiarskiego*. Wyd. AR, Poznań, ss. 104–118.
- Pla M., Pascual M., Arino B. (2004). Protein, fat and moisture content of retail cuts of rabbit meat evaluated with the nirs methodology. *World Rabbit Sci.*, 12: 149–158.
- Pokorný J. (1990). Effect of lipid degradation on taste and odor of foods. *Nahrung*, 34: 887–897.
- Pospiech E., Grześ B., Łyczyński A., Borzuta K., Szalata M., Mikołajczyk B. (2003). Muscle proteins and their changes in the process of meat tenderization. *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 21, 1 (S): 133–151.
- Szkucik K., Libelt K. (2006). Wartość odżywcza mięsa królików. *Med. Wet.*, 62 (1): 108–110.
- Tilgner D.J. (1957). *Analiza organoleptyczna żywności*. WPLiS, Warszawa, 363 ss.
- Yamauchi K., Nagai Y., Ohashi T. (1980). Quantitative relationship between alpha tocopherol and polyunsaturated fatty acids and its connection to the development of oxidative rancidity in porcine skeletal muscle. *Agric. Biol. Chem.*, 44: 1061–1065.
- Zajac J., Niedźwiadek S., Bielański P. (1995). Wyniki badań jakości mięsa króliczego pochodzącego od osobników różnych grup genetycznych. *Biul. Inf. IZ*, 33 (3): 17–29.

Zatwierdzono do druku 21 XI 2011

DOROTA KOWALSKA

### **Enrichment of rabbit meat with unsaturated fatty acids and vitamins and prevention of oxidation processes**

#### SUMMARY

The development of rabbit meat production in recent years has stimulated interest not only in its quality but above all in its health-promoting value. The content of health-promoting components in rabbit meat can be increased through nutrition by adding their sources to the feed mixture. The experiment used New Zealand White rabbits, the diets of which were supplemented with 1% fish oil and different levels of vitamin E. The supplemental fish oil had a positive effect on the fatty acid profile of meat lipids. The increased dietary level of vitamin E had a very noticeable effect on its deposition in meat and also had a favourable effect on reducing the susceptibility of meat lipids to oxidation during frozen storage. Sensory tests revealed significant differences in meat tenderness between the control group and the experimental groups. The results obtained were additionally confirmed by analysis of tenderness in the shear force test.

Key words: rabbit meat, oxidation, unsaturated fatty acids, vitamin E